

INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos es una práctica básica de la agricultura ecológica, tanto por su efecto sobre la fertilidad del suelo como en el control de enfermedades y plagas de los cultivos. Dado que en agricultura ecológica no se permite la utilización de abonos ni productos fitosanitarios de síntesis química, se debe poner un especial énfasis en las medidas preventivas. La gestión que se haga de las rotaciones debe tener por objetivo mantener un ambiente edáfico saludable y biológicamente activo, además de proporcionar las condiciones óptimas para el crecimiento vegetal.

En las parcelas de cultivo de hortalizas se cultivan diferentes especies de crecimiento rápido y de producciones elevadas a lo largo del año, cosa que requiere un trabajo del suelo y riegos continuados que pueden acelerar la mineralización de la materia orgánica. En esta ficha se explican qué criterios se pueden seguir a la hora de decidir qué cultivo hortícola se hace después de otro, siempre buscando un equilibrio entre los aspectos agronómicos, comerciales y climatológicos.

1. LA IMPORTANCIA DE LAS ROTACIONES DE CULTIVOS

La práctica de las rotaciones se remonta a la antigüedad, a los orígenes de la agricultura, cuando, después de una cosecha, ya se hacían cultivos mejorantes para incorporarlos al suelo antes del cultivo siguiente. Los sistemas evolucionaron con la introducción de nuevos cultivos. Con el perfeccionamiento de las sucesiones aparecieron las rotaciones, que permitan mantener la fertilidad del suelo sin disminuir los rendimientos. Las rotaciones eran bianuales o trienales, según la fertilidad del suelo, con un periodo de descanso o barbecho como mínimo de un año.

Otro modelo totalmente diferente extendido durante las últimas décadas son los monocultivos o repetición de cultivos en un mismo sitio a lo largo de los años. De esta manera, se generan desequilibrios en la composición mineral de la tierra -por agotamiento o exceso de macronutrientes y oligoelementos- y propicia la aparición de plagas y enfermedades especializadas en determinadas familias de plantas. Es un sistema basado en la aportación de insumos externos en la propia finca, creando una dependencia cada vez mayor. Por una parte, se aportan grandes cantidades de fertilizantes minerales y se cultivan variedades cada vez más productivas, mientras que por otra se deja de priorizar la aplicación de materia orgánica.

La prevención de estos desequilibrios es fundamental a través de la rotación de cultivos, los abonos verdes, las prácticas culturales y una visión completa de la fertilidad para conseguir, paso a paso, una menor dependencia de los insumos externos a la finca.

En esta línea, y como consecuencia de la revisión europea de los productos fitosanitarios en la agricultura general, en los últimos años se han prohibido determinadas sustancias consideradas muy nocivas para el medio ambiente. Estas prohibiciones, completamente razonables, todavía justifican más la recuperación y la mejora de técnicas como la rotación de cultivos.



Imagen 1. Cultivos de hortalizas en franjas y frutales en el Baix Llobregat.
Fuente: Borja Camí

2. ORGANISMOS DEL SUELO: LOS ACTORES DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

Hoy en día es conocido que la actividad y diversidad de los organismos del suelo es un factor clave de la fertilidad, garantizando los ciclos de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica, considerando también su importancia en la estabilidad y funcionalidad de los ecosistemas naturales y los agrosistemas. Los microorganismos habitan en la superficie de las partículas orgánicas y minerales, en el interior de los agregados, o bien asociados a las raíces de las plantas. Las rotaciones de cultivo, los abonos verdes y las prácticas culturales tienen un papel importante sobre la actividad y la diversidad biológica del suelo.

La actividad biológica es más intensa en la **rizosfera**, que es el volumen del suelo que rodea las raíces y que resulta afectada para su desarrollo, cosa que produce una mayor estimulación y proliferación de microorganismos. Cuando la parcela está equilibrada, los beneficios son diversos: se producen, de manera natural, más fitoestimulantes del enraizado y de crecimiento (hormonas, vitaminas, etc.), hay una mayor disponibilidad de nutrientes a través de los ciclos biogeoquímicos y se favorece la protección del cultivo mediante fenómenos de antagonismo hacia los patógenos de las raíces.

La transformación de la materia orgánica del suelo también es un proceso esencialmente biológico. Se clasifica en los procesos de **humificación** y **mineralización**, que se dan de forma simultánea, con el predominio de uno u otro según las condiciones ambientales, las prácticas culturales, las rotaciones y los abonos verdes. Una manera muy rápida de aumentar el contenido de humus es aplicando una materia orgánica bien compostada y, por otro lado, el estiércol fresco tiene una importante fracción fácilmente mineralizable.

3. DISEÑO DE LA ROTACIÓN

La **rotación** es la sucesión de diferentes cultivos en una misma parcela a lo largo del tiempo, se diseña por un cierto número de años y, una vez acabado el ciclo, se vuelve a empezar. La **alternancia** es la distribución de los cultivos en la finca y es un indicador de la diversidad en un momento determinado. La finca se divide en **hojas** de cultivo, en función de las parcelas y de los años de la rotación. Teóricamente, cada hoja tiene una superficie aproximada a las otras, por ella pasa la rotación completa y es una unidad fija a lo largo del tiempo. El número de años de la rotación debe coincidir con el número de hojas para tener siempre los mismos cultivos.

La **duración de la rotación** es un aspecto importante: tiene que ser de un mínimo de 4 años. Cuanto más dure la rotación, la finca se debe dividir en más hojas de cultivo, de menos superficie cada una.

PRINCIPIOS DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

El principio básico de las rotaciones es que los cultivos se suceden en función de las características entre el cultivo precedente y el siguiente, esperando algunos años a volver a plantar un determinado cultivo en la misma parcela. Una alternancia diversificada y una rotación compensada es uno de los pilares fundamentales, con el fin de garantizar un adecuado manejo del suelo y para garantizar control sanitario. A la hora de diseñar una rotación, se deben combinar cultivos de características diferentes, siempre teniendo en cuenta el efecto que cada cultivo produce sobre la **fertilización y la estructura del suelo**. Así, las plantas consumidoras de nitrógeno serán sucedidas por otras que acumulen o que sean menos exigentes; a las consumidoras de humus, otras que lo produzcan; a las que dejan la tierra compactada, otras que la hagan esponjosa; a las que tengan raíces superficiales, otras que tengan raíces profundas.

La presencia de determinados **problemas sanitarios y plantas adventicias** está muy relacionada con la repetición continuada de cultivos con características similares, debido a que los parásitos se adaptan y proliferan exponencialmente hasta que ocasionan graves pérdidas productivas. Por lo tanto, una rotación amplia da como resultado una población variada de microorganismos y de plantas adventicias, y se evita que ninguno de estos agentes patógenos se desarrolle excesivamente. Sin embargo, si se detectan problemas importantes, se debe dejar un tiempo prudencial, en torno a los 4 años, antes de volver a repetir el cultivo sensible. Finalmente, en los casos más graves, también hay alternativas ecológicas para la desinfección de los suelos: la solarización y biofumigación.

Cuadro 1. Consejos prácticos en el diseño de rotaciones hortícolas

Las características de los cultivos que se suceden deben ser diferentes y complementarias

- Cultivos con diferente **parte aprovechable**: fruto → hoja → raíz → cultivo mejorante.
- Especies que sean de diferentes **familias botánicas**.
- Añadir **cultivos y abonos verdes mejorantes**, que tienen efectos positivos sobre la fertilidad del suelo y la producción.
- Según las **extracciones de nutrientes y la generación de humus**, alternar especies exigentes en nutrientes seguidas de otras que no lo son tanto o cultivos que generan humus en los restos de cosecha con otros que lo consumen.
- Que tengan un **sistema radicular** diferente, según la profundidad que son capaces de explorar y la forma de las raíces, que puede ser pivotante o fasciculada, para mejorar la nutrición de los cultivos y potenciar la regeneración del suelo.
- La sensibilidad a **las plantas adventicias, plagas y enfermedades**, evitando la repetición de cultivos con una misma problemática. Es efectivo alternar ciclos productivos en diferentes estaciones del año, y en el caso de los cultivos extensivos, combinar los que son altamente competitivos con las adventicias con los que lo son menos.

Diseñar hasta 2 o 3 rotaciones por una misma finca

- Según el **tipo de gestión**: una rotación para los que son semiextensivos y otra para cultivos intensivos, y una rotación específica para los de invernadero.
- Según las **características de las parcelas**: tener en cuenta aspectos como la fertilidad, recursos hídricos, temperatura, insolación, ventilación o su ubicación lejos del almacén.

Agrupando cultivos en una misma hoja

- Especies diferentes con **características similares**, por ejemplo plantas de hoja o de fruto.
- La **plantación escalonada**.
- Las **asociaciones de cultivos**.



Imagen 2. Nódulos en leguminosas de las bacterias fijadoras de nitrógeno.
Fuente: Borja Carní



Imagen 3 y 4. A la izquierda, el cardo está floreciendo; a la derecha, está ahogado por el abono verde de sorgo. Fuente: Borja Camí

EL ABONO VERDE

Se trata de un cultivo de especies mejorantes que al final se incorpora al suelo por sus efectos beneficiosos. Es más natural y biológicamente activo que el suelo descubierto y, por lo tanto, favorece la regeneración de éste. La cubierta vegetal en el periodo entre cultivos evita la erosión, compite con las malas hierbas, evita la pérdida de nutrientes por lixiviación y, en el caso de las leguminosas, mejora la fertilidad a través de la fijación del nitrógeno atmosférico. Una vez incorporados, su efecto positivo se basa en la actividad de los microorganismos, gracias a la energía que obtienen a partir de la biomasa vegetal, y un valor fertilizante para el cultivo siguiente nada despreciable.

En la rotación, el abono verde se debe incluir como mínimo una o dos veces, alternando familias diferentes. Una manera práctica es intercalarlos siempre entre los mismos dos cultivos y establecerlo como sistema habitual. En las parcelas que están en barbecho también es mejor hacer un abono verde que dejar el suelo descubierto. Aunque no es demasiado frecuente, también se deberían tener en cuenta las interacciones con plagas y enfermedades de los cultivos que preceden.

La utilización de mezclas de dos o más especies, asegura el desarrollo y una mejor cobertura y exploración del suelo. Los diferentes tipos de raíces permiten estructurar el suelo a diferentes niveles: mientras hay raíces pivotantes que descompactan el suelo en profundidad; otras, como las más fasciculadas, pueden penetrar mejor en los agregados. Los diferentes puertos de las plantas permiten a unas especies actuar de tutor de otras. Según las condiciones ambientales de cada año, hay especies que tendrán más facilidad para desarrollarse que otras, asegurando así el éxito de la cubierta vegetal.

Según los objetivos iniciales y el momento de la incorporación en el suelo, los abonos verdes tienen efectos diferentes.

Cuadro 1. Criterios en la elección y gestión del abono verde

Generación de humus estable

Se utilizan sobre todo las gramíneas, solas o en mezcla. Cuando se incorporan antes del espigado, se descomponen más fácilmente. Si se retrasa hasta la formación del grano inmaduro, o la paja después de la cosecha, es cuando desarrollan tejidos ricos en lignina, sustancia que se degrada lentamente y es precursora del humus estable. Pero se debe evitar que se resembrén y que el renadío coincida con la nueva plantación, sobre todo en el caso de las gramíneas, ya que sus efectos alopatóxicos perjudican al cultivo.

La relación C/N aumenta por encima de 35 a partir de la floración y durante la maduración. Sobre todo cuando se incorpora la paja de los cereales, puede producirse una inmovilización temporal del nitrógeno, que es utilizado por los microorganismos del suelo. En este caso, se recomienda esperar 45-60 días antes de plantar o aplicar un compost rico en nitrógeno.

Movilización de nutrientes y efecto estructurante

Las leguminosas y crucíferas se degradan rápidamente cuando se incorporan al inicio de la subida a flor (relación C/N entre 10 y 15) y generan poca cantidad de humus. Los microorganismos movilizan los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal, los transforman en formas asimilables para los cultivos siguientes y contribuyen a mantener la estabilidad estructural del suelo mediante la fabricación de una cola orgánica que propicia la agregación de las partículas minerales. El efecto se considera máximo a los 30 días desde la incorporación.

Grado de maduración y momento de la incorporación

El momento y la manera cómo se lleva a cabo la incorporación en el suelo es el último paso que se debe considerar para que el efecto sea el esperado. Se debe decidir cuándo y cómo se hace la destrucción del abono verde en función de la especie, los objetivos, el cultivo siguiente y el tipo de suelo. Un momento inadecuado puede provocar efectos depresores sobre el cultivo siguiente.

- La descomposición es lenta cuando el suelo está frío, durante el invierno y al inicio de primavera, y más rápida durante el verano y en otoño.
- Al inicio de primavera, para fertilizar un cultivo de verano, es recomendable utilizar un abono verde con una mezcla de fácil descomposición, con una leguminosa y una crucifera, o con una proporción baja de cereal.
- En verano, cuando se incorpora un cereal lignificado, se debe dejar pasar como mínimo 45 días antes de plantar el cultivo. En cambio, son suficiente 20 días para las crucíferas al inicio de la floración.
- La descomposición durante el otoño y el invierno favorece la formación de humus. Es el caso de las gramíneas de metabolismo C4 como el sorgo, o el rastrojo de maíz, incorporados entre octubre y noviembre. El cultivo siguiente se planta al cabo de dos o tres meses.

Competencia con plantas adventicias

Todos los abonos verdes tienen que ser competitivos con las adventicias de la parcela. Si hay problemas de adventicias vivaces, los abonos verdes muy competitivos ayudan a agotar a sus reservas. Durante el verano, el sorgo es una buena opción para debilitar el junquillo y los cardos. También se ha demostrado muy eficaz una cubierta de alfalfa durante 3-4 años, además de los beneficios que aporta sobre la fertilidad del suelo gracias a la fijación del nitrógeno atmosférico.

Valor fertilizante para los cultivos siguientes

Los abonos verdes normalmente tienen un rendimiento de materia seca de 3-6 t/ha (materia fresca 20-40 t/ha). La cantidad de elementos fertilizantes de la parte aérea está en torno a las 80-160 UF de nitrógeno, 20-40 UF de fósforo, y 125-250 UF de potasio. De esta cantidad, siempre que la relación C/N esté entre 10 y 15, se considera que el cultivo siguiente tendrá disponible un 50-70% del nitrógeno, un 60-80% del fósforo y todo el potasio.

Cuadro 3. Abonos verdes en rotaciones hortícolas

Familia Características	Especie	Período de siembra	Dosis (kg/ha)**	Interés	Observaciones
Gramíneas Es mejor sembrarlas con leguminosas o crucíferas. Tejidos ricos en lignina, una sustancia que se degrada lentamente y es precursora del humus, a partir del espigado y sobre todo de la paja. Hay cereales de invierno y otros adecuados para el verano.	Avena	Sep. – nov. o febrero - marzo	120 150		Riesgo de enfermedades (roya)
	Centeno	Sep. – nov. o febrero - marzo	100 120	Asociación con leguminosas	
	Triticale	Sep. – nov. o febrero - marzo	100-120 120-150		
	Raigrás italiano	Septiembre o primavera	25		Puerto menos rígido y no actúa de tutor
	Sorgo forrajero (pasto del Sudán) *	Mayo - agosto	50	Biomasa elevada Competencia con adventicias Efecto contra patógenos	Riego o pluviometría es muy importante Se realiza más de una siega, antes de que grane
	Moha de Hungría *	Mayo - agosto	30	Resistencia al calor Ciclo de 30 a 40 días	Estudiado en Francia
	Veza	Sep. – nov. o febrero - marzo	120-150	Buena cobertura del suelo	
Leguminosas Fijación del nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias, a partir de la floración. Siembra habitual en otoño, pero también se puede hacer tardía. Descomposición rápida sin casi generar humus. Asociar con cereales y crucíferas para el tutoraje y la mejor cobertura del suelo. Atrayentes de fauna auxiliar como Orius spp.	Yero	Oct. – nov. o febrero - marzo	120-150	Buena cobertura del suelo	
	Alverjón	Oct. – nov. o febrero - marzo	80-120 100-140		Asociar con cereal por mejor cobertura
	Fenogreco	Agosto – oct.	80-120	Buena cobertura del suelo	
	Guisante forrajero	Sep. – nov. o febrero - marzo	150 200	Buena cobertura del suelo	
	Haba forrajera	Sep. – nov. o febrero - marzo	150-200 250		Sensible a heladas Mala cobertura si se siembra solo
	Trébol (varias especies)	Primavera u otoño	20-30	Cubierta vegetal, o asociación con cultivo	Riesgo de retoños de algunas especies
	Alfalfa	Marzo (cultivo de 3-4 años)	20-25	Reduce las adventicias vivaces (cardos, junquillo, etc.). Acumulación elevada de nitrógeno	Siegas sucesivas con maquinaria
Crucíferas Generan mucha biomasa en poco tiempo, con especies de crecimiento rápido (45-60 días en verano). Descomposición rápida al inicio de la floración.	Mostaza amarilla o blanca *	Febrero – nov.	10-15		Variedades resistentes al espigado
	Rábano forrajero *	Febrero – nov.	15-20	Evitan la pérdida de nitrógeno por lixiviación Buena competencia con adventicias	Variedades resistentes al espigado
	Nabo forrajero	Sep. – oct. o febrero - marzo	8-10 10-12	Efecto contra patógenos (biofumigación)	
	Colza	Agosto – nov.	6-8		
Poligonáceas	Alforfón *	Mayo - julio o Marzo - junio *	40-60	Buena competencia con adventicias	Ciclo corto
Hidrofíláceas	Facelia	Primavera o a agosto	15	Atrayente de fauna útil	Soporta mal el calor y el frío

Mezcla de especies (kg/ha)**	Período de siembra	Observaciones
Veza (100) o alverjón (75) + Avena, centeno o triticale (50)	Sep. – nov. o febrero - marzo	Incorporación entre febrero y mayo. Las proporciones de veza (100) y avena (50) favorecen la veza, pero se pueden variar si suman un total de 140-160 kg/ha, según el efecto deseado.
Veza o yero (65) + Rábano forrajero (12) o mostaza (8) *	Sep. – nov. o febrero - marzo o Septiembre*	Incorporación entre febrero y mayo. En invernadero, crucífera+veza; incorporación en enero antes de un cultivo temprano.
Veza vellosa (25) + Rábano forrajero (12)	Sep. – nov.	Incorporación entre abril y junio. Primero domina la cubierta de rábano y, una vez llegue a floración, se tendrá que segar, sin estropear la veza vellosa que es más tardía y tiene un crecimiento vigoroso a partir de marzo. Realizar más de una siega.
Guisante forrajero (75) o haba (100) + Avena o triticale (50)	Octubre – nov.	Incorporación entre marzo y abril. El guisante tiene un mejor recubrimiento del suelo que el haba. Las especies y la proporción pueden variar, según el efecto deseado.
Raigrás italiano (20) + Guisante forrajero o haba (100), veza (65)	Octubre – nov.	Incorporación entre marzo y abril. Buen recubrimiento del suelo inicial del raigrás, que después permite a las leguminosas desarrollarse cómodamente.

Fuente: Elaboración a partir de experiencias con campesinos locales y diversas fuentes bibliográficas.

* Aptos para invernadero.

** Las dosis de siembra son orientativas, teniendo en cuenta que la implantación de estos abonos verdes a menudo es irregular en las fincas hortícolas, por falta de maquinaria específica durante la siembra o cuando los campos tienen un banco de semillas de adventicias elevado.

Hay que ajustar las dosis en función de la experiencia y comprobar el vigor y la precocidad de las variedades, ya que puede servir a la hora de acabar de ajustar la dosis de siembra.

OTRAS MEDIDAS ENTRE CULTIVOS

El tiempo entre dos cultivos es un momento clave para mejorar la fertilidad de la tierra y evitar la proliferación incontrolada de adventicias o de algunas plagas y enfermedades.

Para evitar imprevistos con las lluvias u otros factores, aproximadamente un mes antes, se debe preparar el lecho de siembra o plantación. Los cultivos de siembra son más sensibles a los terrones y a la presencia de restos vegetales.

Suelo descubierto

Se debe evitar dejar la tierra sin una cubierta vegetal durante periodos largos. Desde un punto de vista de conservación de suelos, el suelo descubierto tiene más inconvenientes que ventajas, a causa de un mayor riesgo de erosión y un impacto negativo sobre la actividad biológica. Además, durante el verano la presencia de adventicias en parcelas que no se trabajan puede actuar de refugio de plagas y enfermedades, como los chinches y escarabajos, plagas de crucíferas o las virosis en cucurbitáceas y solanáceas.

En algunas situaciones, sin embargo, está justificado dejar el suelo descubierto:

- ✓ En fincas con problemas graves de nematodos, se recomienda dejar el suelo descubierto desde mayo hasta septiembre. Los nematodos son parásitos obligados y en ausencia de una planta huésped consumen sus propias reservas y mueren por inanición. Aumenta la eficacia si se hace una “falsa siembra”, es decir, regar para despertar las masas de huevos y, una vez han nacido, se trabaja el suelo para exponer las formas juveniles a la desecación.
- ✓ Para reducir el banco de semillas adventicias, es eficaz efectuar diversas falsas siembras durante 6-8 semanas antes de la implantación de un cultivo sensible. En el caso de problemas graves con adventicias vivaces, se aconseja un trabajo vertical del suelo para exponer los órganos de reserva de estas plantas a la desecación.



Imagen 5. Un suelo vivo con lombrices, aquí aparecen durante el cultivo. Fuente: Borja Camí



Imagen 6. Durante el cultivo, una escamada superficial actúa como una piel protectora del suelo, tapa las grietas reduciendo la evaporación y sombrea. Fuente: Borja Camí

Inundación y estancado

Se trata de regar abundantemente la parcela llevando el suelo hasta la saturación durante unas horas o días. Esta técnica se suele utilizar en verano, cuando la tierra se seca con facilidad. Tradicionalmente, se llama estancado cuando la parcela está inundada durante semanas o meses. Es propio de los valles y deltas de los ríos con tierras profundas y bien drenadas, con riego por inundación. Se llevaba a cabo durante los meses de abril hasta julio.

- ✓ La inundación del campo es útil para aportar humedad en profundidad antes de la plantación, permite la preparación del lecho de siembra con tempero y también puede tener un efecto contra plagas y enfermedades.
- ✓ La utilización de agua no salina es mejor cuando el objetivo es lavar las sales acumuladas, sobre todo en los invernaderos.
- ✓ Aprovechar la incorporación de un abono verde y regar para acelerar la descomposición.

Biofumigación y solarización

Son técnicas ecológicas de saneamiento del suelo en situaciones de fuertes desequilibrios de plagas o enfermedades, provocados por una mala rotación. Se han demostrado efectivas para el control de la gran mayoría de los hongos y nematodos fitoparásitos (ver Ficha Técnica PAE nº 11 y Ficha Redbio nº.26). Evidentemente, también tienen un impacto elevado sobre el conjunto del suelo, y por eso, en combinación con estas técnicas se deben tomar otras medidas para revitalizar el suelo y prevenir los desequilibrios.



Imagen 7. Abono verde de rábano forrajero; en los pasillos no ha nacido debido a la toxicidad por acumulación de sales. Fuente: Borja Camí

4. LA ASOCIACIÓN DE CULTIVOS

La combinación de cultivos permite fomentar la diversidad en el espacio, no sólo de la parte aérea, sino con una mayor exploración del suelo gracias a sistemas radiculares a diferentes profundidades o que se entrecruzan entre sí.

La buena vecindad entre especies diferentes tiene efectos positivos sobre el crecimiento de los cultivos, el control de plagas y enfermedades, el aprovechamiento del espacio y del agua, la fertilización con nitrógeno (leguminosas) o el control de las adventicias.

Según su distribución, hablamos de cultivo asociado cuando dos o más especies se alternan o se distribuyen al azar, sembradas conjuntamente (como mezcla de semilla) o bien plantadas de forma alterna dentro de la misma línea. Por otra parte, se habla de intercultivo cuando se cultivan filas o pequeñas franjas alternas bien definidas, de dos o más especies diferentes.

Las asociaciones en cultivos hortícolas, en general, están limitadas a los huertos de autoabastecimiento, a causa de su complejidad organizativa. A escala productiva, han sido poco difundidas y practicadas, a pesar de los beneficios potenciales que conlleva. Una práctica común es el establecimiento de cultivos en franjas, ya que son más fáciles de mecanizar y no implica más trabajo adicional que el organizativo. Pero sobre todo hay alternativas para los cultivos extensivos, con las técnicas de intercultivo, las asociaciones o los cultivos de cobertura con trébol.

Las rotaciones y las asociaciones basan sus efectos, entre otros, en el fenómeno de la **alelopatía**, que es la influencia de una planta sobre el crecimiento de otra, incluyendo los microorganismos, a través de la emisión de sustancias químicas al ambiente. Estas sustancias normalmente son parte del metabolismo secundario de las plantas, que se sintetizan en cualquier parte (hojas, tallo, raíces, frutos, semillas, etc.) y se liberan al ambiente en forma de compuestos volátiles y exudados radiculares, en la descomposición de los restos vegetales o por el lavado foliar de la lluvia o el rocío. El efecto de estas sustancias alopáticas contribuye a regular la incidencia de malas hierbas, plagas o enfermedades.

ASOCIACIONES CON OTRAS ESPECIES

Además de las asociaciones entre cultivos, en el diseño de la finca también se incluyen otras especies vegetales que realizan funciones sobre la producción:

- ✓ **Plantas refugio y bandas florales.** En parcelas con una elevada biodiversidad funcional -a través de diferentes cultivos, plantas refugio y bandas florales- hay una menor presión de algunas plagas y una mayor abundancia y diversidad de fauna auxiliar con respecto a las superficies más homogéneas.
- ✓ **Cultivo de cobertura.** Se establecen cubiertas vegetales entre los renglones o a toda la superficie. Para que salga a cuenta, tienen que ser asociaciones con cultivos hortícolas de ciclo largo o plurianuales. Para la cobertura, el trébol es útil para la fijación de nitrógeno atmosférico y la buena cobertura del suelo, soporta bien las siegas y tiene un puerto bajo.

Cuadro 4. Ejemplos de asociaciones en cultivos hortícolas

Aprovechamiento del espacio

Especies con velocidad de crecimiento diferente, evitando la competencia entre ellas en un mismo momento. Hay más cosechas por unidad de superficie, un mejor aprovechamiento del agua de riego o un ahorro en tareas de desherbado.

Zanahoria - rábano, nabo o lechuga. Plantados al mismo momento en filas alternas, el rábano, la lechuga y el nabo tienen un crecimiento más rápido y se recogen antes, ahogando las malas hierbas hasta que la zanahoria es más competitiva.

Col - lechuga. Igual que el caso anterior, la lechuga es más rápida que la col. También se pueden intercalar dentro de la misma línea.

Haba - espinaca. Se siembran franjas de espinacas en medio de las líneas de habas.

Maíz - judía del ganchillo - calabaza. Aprovechamiento del espacio, con tres cosechas diferentes.

Ventajas sanitarias

La combinación de cultivos dificulta la localización y el desplazamiento de las plagas. Las interacciones son diversas: la rotura de la homogeneidad del espacio, un efecto barrera, la diferente apariencia visual en la forma y el color, la emisión de sustancias alopáticas o los cultivos trampa.

Tomate - col. Repelencia química de la polilla de la col.

Zanahoria - puerro. Repelencia química de moscas y polillas.

Cebollas, ajos, puerros. Las liliáceas emiten compuestos azufrados volátiles que actúan como repelentes de algunos insectos.

Tomate - maíz en los bordes del cultivo. Sembrados al mismo momento, el maíz impide la propagación de la plaga del ácaro del bronceado del tomate a través del polvo del aire mediante un efecto pantalla. Se puede sembrar el maíz entre una plantación vieja y una de joven que estén cerca. El maíz también actúa de cultivo trampa, reduciendo la puesta de la oruga del tomate sobre la tomatera.



Imagen 8. Campo hortícola en el aire libre en rotación. Fuente: Unidad PAE.

Cuadro 5. Objetivos productivos de la rotación**Adaptación al clima, suelo y agua**

Las rotaciones de cultivo deben estar adaptadas a un clima determinado, y más concretamente a las condiciones de cada finca. La temperatura y las horas de luz son factores que afectan a los ciclos de los cultivos, tempranos o tardíos, así como el escalonamiento de las plantaciones. En función del tipo de suelo hay cultivos que se desarrollan mejor que otros. También se debe tener en cuenta la ventilación de las parcelas y cuáles son los vientos dominantes. Para los cultivos de conservación, que también se pueden hacer en extensivo, la pluviometría en el momento de la cosecha puede ser un factor determinante, de manera que habrá que adaptar los ciclos de cultivo a fin de que la cosecha sea en tiempo seco.

Diversificación o especialización de la producción

En fincas de huerta diversificada, para venta directa, se pueden cultivar de 10 a 12 especies diferentes. Si la orientación es hacia la especialización se trabajan 3-4 cultivos principales, combinados con algún otro de diversificación.

Hay que definir un itinerario técnico para cada cultivo y el manejo poscosecha y de conservación. Para poder ajustar los costes productivos, hace falta establecer y respetar el margen de beneficio del cultivo, sobre todo en fincas especializadas.

Planificación de la producción

En función de los criterios de comercialización, habrá que ajustar la rotación.

Con la previsión de ventas semanales se calculan las necesidades totales de cosecha, y con el rendimiento estimado se calcula la superficie a plantar. Después, se deben escalonar las plantaciones para obtener una producción continuada.

A partir de los cultivos principales, se incluyen otros que permitan una buena rotación. En fincas con una superficie reducida dedicadas a la venta directa, las rotaciones y las asociaciones también tienen un papel fundamental.

Balance económico de la rotación

- Precio de venta medio (€/kg) = Ingresos brutos anuales (€) / Producción anual (kg)
- Producción media por superficie (kg/m²) = Producción anual (kg) / Superficie total (m²)

Cultivos en el invernadero

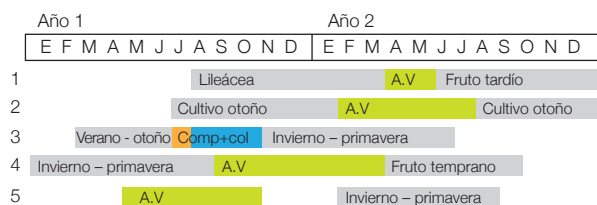
La prevención de muchos problemas pasa por evitar la repetición de uno o dos cultivos, como pasa a menudo con las solanáceas y las cucurbitáceas.

En agricultura ecológica, es necesario incluir cultivos de diversificación para evitar los problemas sanitarios más comunes. También se debe tener en cuenta el riesgo de acumulación de sales con el agua de riego.

Se aconseja intercalar abonos verdes y biofumigación.

5. EJEMPLOS DE ROTACIONES

A continuación, se dan ejemplos cortos de dos o tres cultivos, más que una rotación completa a 4-6 años vista, que pueden ser aplicables según las necesidades de cada finca.



1. CULTIVO DE OTOÑO DE RAÍZ (LILIÁCEA COMO CALÇOT, PUERRO, CEBOLLA) → ABONO VERDE DE 45 DÍAS (RÁBANO FORRAJERO O MOSTAZA) → CULTIVO DE FRUTO TARDÍO (SOLANÁCEA O CUCURBITÁCEA)

En condiciones locales, esta rotación encaja bien en las fechas de cultivo y también en la superficie similar que ocupa una liliácea y un cultivo de fruto. Está orientada a prevenir los nematodos fitoparásitos del suelo, y otras enfermedades, ya que el calçot es poco sensible a los nematodos y a las enfermedades del tomate. El abono verde actúa como fertilizante para el cultivo siguiente, reduce la presión de adventicias y puede tener un efecto biofumigante. La incorporación de éste se hace al inicio de la subida en flor, unos 20-30 días antes de la plantación, y se puede acompañar de un riego para acelerar la descomposición y tener el suelo fresco y mineralizando para la plantación de verano.

2. CULTIVO DE OTOÑO → ABONO VERDE (GRAMÍNEA, CRUCÍFERA O LEGUMINOSA) → CULTIVO DE OTOÑO

En fincas de huerta del litoral en verano se plantan cultivos de fruto que tienen un "crecimiento vertical" y por lo tanto necesitan más mano de obra por superficie, y a medida que

se acaban los cultivos de invierno algunas parcelas quedan sin cultivar. Para evitar que el suelo quede descubierto, se siembra un abono verde antes de la próxima plantación en otoño. Habrá que escoger entre las diferentes especies o mezclas según el tiempo disponible y los efectos buscados sobre el suelo o sobre el cultivo siguiente.

3. CULTIVO DE HOJA DE VERANO (LECHUGA) → COLIFLOR (+COMPOST) → CULTIVO DE INVIERNO PRIMAVERA

Un cultivo de lechuga en verano no se fertiliza con compost, normalmente es suficiente con la mineralización de la materia orgánica del suelo. Después, la coliflor que se planta en julio se recoge entre octubre y enero. En este caso, si es necesario, se aporta compost, que tendrá la doble función de fertilizar la coliflor y también parte del cultivo siguiente, a través de los abundantes restos de cosecha de la coliflor. Si fuera necesario abonar el cultivo después de la coliflor, no haría falta compost porque ya hay suficiente materia orgánica fácilmente mineralizable. En todo caso, se aplicaría un abono de apoyo.

4. CULTIVO DE INVIERNO - PRIMAVERA DE RAÍZ (CEBOLLA SECA, AJO SECO) → ABONO VERDE (LEGUMINOSA + CRUCÍFERA) → CULTIVO DE FRUTO TEMPRANO (CALABAZA O TOMATE)

Alternar dos cultivos extensivos de conservación de características diferentes (familia botánica, sistema radicular, parte aprovechable). Después de la cosecha de cebollas y ajos, entre junio y agosto, se siembra el abono verde en septiembre. Éste puede ser una leguminosa sola o mezclada con una crucífera, que se incorpora en marzo. Al final del invierno, el abono verde tendrá la función de activar el suelo y de fertilizar el cultivo siguiente plantado en abril, de calabaza o tomate de mata baja (de colgar o para industria).

5. ABONO VERDE SORGO FORRAJERO → CULTIVO DE INVIERNO PRIMAVERA

El sorgo es una gramínea de metabolismo C4 que se siembra a partir de mayo, genera mucha biomasa y tiene un crecimiento rápido, capaz de debilitar las reservas de las adventicias vivaces de verano como los cardos y el junquillo. A los 45 días ya tiene una buena cubierta siempre que disponga de agua suficiente. Se puede efectuar la primera siega antes del espigado, entre julio y agosto, realizando la incorporación final en el mes de octubre, cosa que potencia la humificación durante los meses de invierno. Esta opción es muy recomendada en Francia antes de una replantación de frutales, y también se utiliza en rotaciones de horticolas. El cultivo siguiente se tiene que plantar a partir de febrero. Por contra, si lo que se busca es una descomposición más rápida, se incorpora antes o bien se pueden llegar a hacer 3 siegas durante todo el ciclo, siempre antes del encañado.

ROTACIONES EN INVERNADERO

Son cultivos de diversificación, para campañas tempranas o tardías que también tienen un nicho de mercado. En el litoral catalán, tradicionalmente se planta:

- ✓ **Apio:** campaña de contraestación que se hace al litoral mediterráneo, para venta local y exportación. Con plantel calefactado, se planta en marzo para recoger en mayo.
- ✓ **Guisante → pepino:** cosecha temprana de guisante. Se debe tener cuidado porque es sensible a las heladas. Hay campesinos que aprovechan la misma malla de tutoraje para ambos cultivos.
- ✓ **Espinaca → fruto temprano:** tolera bien el sodio acumulado en el suelo y lo extrae más que otras especies. Sembrado entre septiembre y octubre para recogerlo hasta enero, antes de plantar el cultivo de fruto temprano.

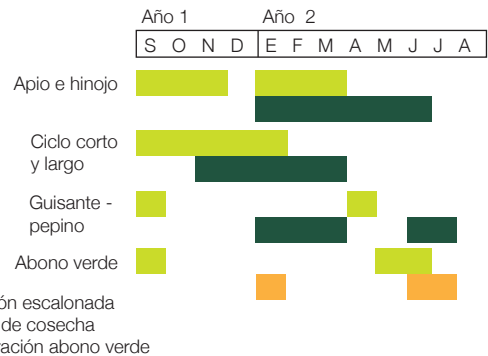
Fruto de la necesidad de las rotaciones, la agrupación de campesinos franceses Civam Bio 66 (<http://www.sud-et-bio.com/fruits-legumes>) dispone de unas fichas con propuestas de cultivos de diversificación para invernaderos. También hay disponible un programa de planificación, con indicaciones para escalar las plantaciones y obtener una producción constante.

- ✓ Ciclo largo: **apio, hinojo, acelga, cebolla y escarola.**
- ✓ Ciclo corto: **lechuga, espinaca, col rábano, rúcula y perejil.**

Abono verde → cultivo de fruto temprano o tardío. Ha dado muy buenos resultados en fincas con suelos castigados, especialmente la biofumigación.

- ✓ Siembra en septiembre (rábano forrajero o mostaza, mezcladas con veza) → incorporación en enero → cultivo de fruto temprano plantado a finales de febrero.

- ✓ Siembra de mayo a junio (rábano forrajero o mostaza) → incorporación a los 45 días → cultivo de fruto tardío plantado entre julio y agosto.



BIBLIOGRAFIA

Arrufat A, Dubois M. *Prévention contre les pathogènes du sol en culture sous abris: rotations, engrais verts, solarisation*. CIVAM BIO 66 – CENTREX.

Varios autores (2012) *Choisir et réussir son couvert vegetal pendant l'interculture en AB*. ITAB (www.itab.asso.fr).

Varios autores (2005) *Les engrais verts en maraîchage biologique*. ITAB – GRAB.

Varios autores (2006) *Practical weed control. Applied Plant Research* – Wageningen UR.

Domínguez A, Roselló J, Aguado J. (2002) *Diversidad vegetal en agricultura ecológica*. SEAE-PHYTOMA.

Farooq, M. et al. (2011). *The role of allelopathy in agricultural pest management*. PestManagSci; 67:493–506.

Fontanet, X.; Vila A. (2014) *Plagas y enfermedades en hortalizas y frutales ecológicos*. La Fertilidad de la Tierra.

Labrador, J. (2002) *La materia orgánica en los agrosistemas*. Mundi Prensa.

Tuson, P. (2009) *Cultius per diversificar l'agricultura ecològica de secà. Conclusions 2004-2008*. Oficina Comarcal del DAR del Berguedà.

Vedie, H.; Taulet A. (2005) *Engrais verts en interculture d'automne-hiver en plein champ*. GRAB (www.grab.fr)

CRÉDITOS

Autor: Borja Camí Marnet – Arreu, herramientas para el acompañamiento agroecológico.

Revisión: Unidad de Producción Agraria Ecológica del Servicio de Ordenación Agrícola. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural.

Corrección lingüística: Joan-Ignasi Elias.

Depósito legal: B.5384-2013